



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 172 280 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
16.01.2002 Bulletin 2002/03

(21) Numéro de dépôt: **01401710.7**

(22) Date de dépôt: **27.06.2001**

(51) Int Cl.7: **B62D 6/00**
// B62D101:00, B62D117:00,
B62D119:00, B62D121:00,
B62D137:00, B62D153:00

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **11.07.2000 FR 0009056**

(71) Demandeur: **Peugeot Citroen Automobiles SA
92200 Neuilly sur Seine (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Bernede, Dominique Marc**
78130 Les Mureaux (FR)
• **Del Fabbro, Tonino**
78230 Le Pecq (FR)

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude et al**
Cabinet Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Ensemble de direction assistée électrique pour véhicule automobile**

(57) L'invention s'applique à un ensemble de direction assistée électrique comprenant un arbre de direction rotatif (4) portant à une extrémité un volant (2) et à son autre extrémité un organe de transmission (7) coopérant avec une crémaillère (8) mobile en translation, reliée à chacune de ses extrémités (11) à un mécanisme (10) d'orientation des roues directrices (9) du véhicule, le dispositif d'assistance (12) comportant un moteur électrique (15) qui entraîne un organe d'assistance (20) coopérant avec la crémaillère (8), et un dispositif de

commande (16) fournissant audit moteur électrique (15) un signal de commande (S) adapté pour faire varier le couple de sortie (Cs) du moteur électrique (15), en fonction de paramètres de fonctionnement de l'arbre de direction et/ou plus généralement du véhicule. Le dispositif d'assistance (12) comporte des moyens de mesure (21) de l'effort exercé par l'organe d'assistance (20) sur la crémaillère (8), et le dispositif de commande (16) est adapté pour modifier le signal de commande de couple (S) en fonction de la valeur d'effort ($\underline{m}$) mesurée par lesdits moyens de mesure (21).

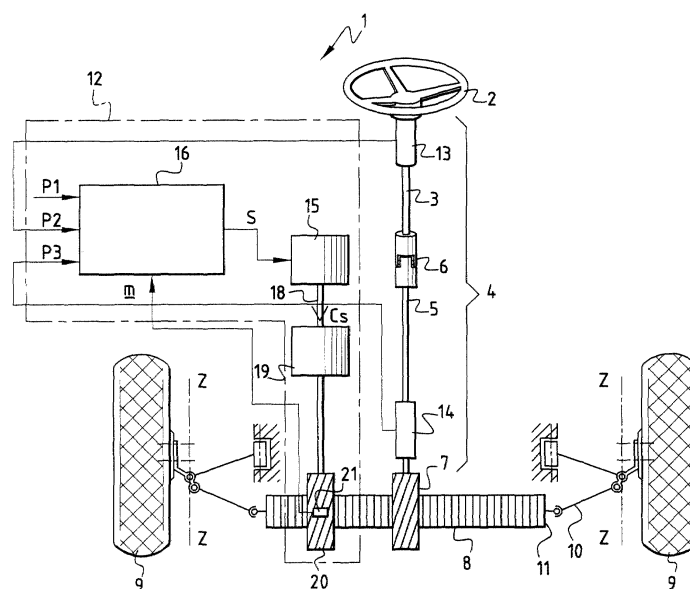


FIG.1

Description

[0001] L'invention se rapporte à un ensemble de direction de véhicule automobile comportant un dispositif d'assistance électrique.

[0002] Elle concerne plus précisément un ensemble de direction assistée du type comprenant un arbre de direction rotatif portant à une extrémité un volant et à son autre extrémité un organe de transmission coopérant avec une crémaillère mobile en translation, reliée à chacune de ses extrémités à un mécanisme d'orientation des roues directrices du véhicule, le dispositif d'assistance comportant un moteur électrique qui entraîne un organe d'assistance coopérant avec la crémaillère, et un dispositif de commande fournissant audit moteur électrique un signal de commande adapté pour faire varier le couple de sortie du moteur électrique en fonction de paramètres de fonctionnement de l'arbre de direction et/ou plus généralement du véhicule.

[0003] Dans les systèmes de direction assistée électrique connus, un moteur électrique entraîne, par l'intermédiaire d'un réducteur, un pignon engrenant avec la crémaillère de direction, de façon à transmettre à la crémaillère un effort d'assistance. Il existe d'autres technologies, comme par exemple celle des vis à billes, pour transmettre le mouvement de rotation du moteur à la crémaillère. Le moteur électrique est commandé par un calculateur qui applique des lois de commande préprogrammées pour tenir compte de l'évolution de paramètres de fonctionnement du véhicule et de la direction, tels que la vitesse du véhicule, le couple appliqué sur le volant et l'arbre de direction par le conducteur, et la vitesse de rotation du volant. Le calculateur délivre au moteur électrique, à partir de ces paramètres de fonctionnement et des lois de commande préprogrammées, un signal de commande de couple correspondant au couple moteur de sortie à délivrer pour exercer sur la crémaillère l'effort d'assistance désiré.

[0004] En général, il n'est pas prévu de boucle de régulation permettant de corriger le signal de commande émis vers le moteur en fonction de grandeurs mesurées, significatives d'un couple ou d'un effort d'assistance réellement délivrés par le moteur.

[0005] Un tel dispositif d'assistance ne donne pas entière satisfaction du fait de la difficulté à traduire un effort d'assistance désiré en couple de sortie moteur.

[0006] En effet, pour un couple de sortie donné du moteur électrique, l'effort d'assistance effectivement appliqué sur la crémaillère diffère sensiblement de l'effort d'assistance théorique, à cause de pertes d'énergie mécanique dans le moteur électrique (inertie, frottements) et dans le mécanisme de transformation du couple moteur en effort d'assistance, à savoir notamment le réducteur et l'organe de transmission à la crémaillère. A titre d'exemple, les pertes d'énergie mécanique précitées peuvent représenter, pour certains véhicules de type berline et dans des conditions de vitesse et de braquage de volant courantes, de l'ordre de 30% pour des cou-

ples-volant variables et de 15% pour des couples-volant constants, par rapport à l'effort théorique d'assistance sur la crémaillère. Ces pertes varient sur un même véhicule au cours du temps avec l'usure des pièces mécaniques de transmission, mais aussi d'un véhicule à l'autre, ces variations étant extrêmement difficiles à modéliser.

[0007] Un but principal de l'invention est de remédier à ces inconvénients et de proposer une direction assistée électrique dont le fonctionnement ne soit pas affecté par les différences existant d'un véhicule à l'autre ou par l'évolution au cours du temps des pertes d'énergie mécanique.

[0008] Dans ce but, un ensemble de direction de véhicule automobile du type précité est caractérisé en ce que le dispositif d'assistance comporte des moyens de mesure de l'effort exercé par l'organe d'assistance sur la crémaillère, et le dispositif de commande est adapté pour modifier le signal de commande de couple en fonction de la valeur d'effort mesurée par lesdits moyens de mesure.

[0009] Suivant d'autres caractéristiques :

- le dispositif de commande comporte un calculateur qui élabore, à partir de données préenregistrées et de paramètres de fonctionnement, un signal de consigne de couple, et un module de régulation qui élabore, en fonction du signal de consigne et de la valeur d'effort mesurée, le signal de commande de couple ;
- le module de régulation comporte un organe de conversion qui délivre à partir de la valeur d'effort mesurée, un signal de mesure qui est une image de la valeur réelle du couple d'assistance du moteur appliqué sur l'organe d'assistance ;
- le module de régulation comporte un organe comparateur qui reçoit en entrée le signal de mesure du couple et le signal de consigne de couple, et délivre en sortie un signal d'écart de couple ;
- le module de régulation comporte un régulateur P. I. D. (Proportionnel, Intégral, Dérivé) qui élabore le signal de commande de couple à partir du signal d'écart de couple ;
- le gain proportionnel du régulateur P. I. D. est pré-réglé à une valeur comprise entre 6 et 9 ;
- le gain intégral du régulateur P. I. D. est pré-réglé à une valeur comprise entre 140 et 210 ;
- le gain différentiel du régulateur P. I. D. est pré-réglé à une valeur comprise entre 0,016 et 0,024 ;
- l'ensemble de direction assistée comprend des moyens d'estimation du couple appliqué sur le volant, et le module de régulation est neutralisé pour des valeurs de couple estimé par lesdits moyens d'estimation inférieures à une valeur de couple prédéterminée ; et
- ladite valeur de couple prédéterminée est comprise entre 1 et 2 N.m.

[0010] L'invention vise également un procédé de commande, d'un ensemble de direction assistée du type précité, selon lequel on élabore le signal de commande de couple de la façon suivante :

- on mesure l'effort exercé par l'organe d'assistance sur la crémaillère ;
- on convertit la valeur d'effort ainsi obtenue en valeur de couple réel estimée à partir des caractéristiques du réducteur, de l'organe d'assistance et de la crémaillère ;
- on calcule l'écart d'une valeur de couple de consigne, déterminée à partir de données préenregistrées et de paramètres de fonctionnement, avec la valeur de couple réel ainsi estimée ;
- on calcule une valeur de commande de couple au moyen d'une loi de régulation P. I. D. dont les coefficients sont prédéterminés ;
- on élabore le signal de commande de couple qui correspond à ladite valeur de commande.

[0011] L'invention vise enfin un véhicule automobile comportant un ensemble de direction assistée électrique, comme défini ci-dessus.

[0012] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'une direction assistée suivant l'invention ;
- la figure 2 est un schéma représentant le dispositif d'assistance équipant une direction assistée suivant l'invention.

[0013] A la figure 1, on a représenté un ensemble de direction 1 de véhicule automobile assistée électriquement, qui comporte un volant 2 solidaire d'un premier tronçon 3 d'un arbre de direction 4 relié à un deuxième tronçon 5 de cet arbre de direction 4, par l'intermédiaire d'une liaison à cardan 6. L'arbre de direction 4 est ici composé de deux tronçons 3, 4 articulés, mais pourrait être constitué d'une pièce. L'arbre de direction 4 transmet le couple appliqué sur le volant 2 par le conducteur du véhicule à un pignon de transmission 7, qui engrène avec une crémaillère de direction 8 disposée transversalement par rapport à l'axe du véhicule entre deux roues directrices 9. Le pignon de transmission 7 pourrait être remplacé par tout autre organe de transmission adapté, comme par exemple une vis sans fin. Chaque roue directrice 9 est susceptible de pivoter autour d'un axe de pivotement vertical ou sensiblement Z-Z sous l'effet d'un déplacement linéaire de la crémaillère 8, ladite roue directrice 9 étant actionnée par une biellette 10 reliée à une extrémité 11 de la crémaillère 8.

[0014] L'ensemble de direction 1 comprend également un dispositif d'assistance 12 destiné à exercer sur la crémaillère 8 un effort de même sens que l'effort exer-

cé par le pignon de transmission 7, de façon à faciliter l'actionnement du volant 2 par le conducteur du véhicule, en fonction de paramètres de fonctionnement du véhicule, tels que la vitesse du véhicule, et de paramètres de fonctionnement de la direction, tels que la vitesse de rotation du volant et le couple appliqué sur le volant par l'utilisateur. Les trois paramètres cités sont respectivement désignés par les repères P1, P2, P3. La valeur de vitesse P1 du véhicule est déterminée par des moyens classiques de mesure de la vitesse présents usuellement sur les véhicules. La vitesse de rotation P2 du volant 2 est donnée par un capteur de vitesse angulaire 13 monté sur le premier tronçon 3 de l'arbre de direction 4, et la valeur P3 du couple appliqué sur le volant 2 est estimée au moyen d'un capteur de couple 14 monté sur le deuxième tronçon 5 de l'arbre de direction 4 dans une région proche du pignon de transmission 7.

[0015] Le dispositif d'assistance 12 comprend un moteur électrique 15 dont le couple de sortie C_s est commandé par un dispositif électronique de commande 16 qui délivre au moteur un signal de commande de couple S. Le couple de sortie C_s du moteur électrique 15 est transmis à un réducteur 19 par l'intermédiaire de l'arbre de sortie 18 du moteur 15, et à un pignon d'assistance 20 engrenant avec la crémaillère 8. La crémaillère comporte un capteur d'effort 21 adapté pour mesurer l'effort exercé par le pignon d'assistance 20 sur la crémaillère 8, et fournir au dispositif électronique de commande 16 la valeur $\underline{m}$ de l'effort ainsi mesuré.

[0016] Comme représenté à la figure 2, le dispositif électronique de commande 16 comprend un calculateur 22 et un module de régulation 23. Le calculateur 22 reçoit les signaux représentatifs des paramètres de fonctionnement P1, P2, P3 et leur applique des lois de commande préenregistrées afin d'élaborer et d'émettre vers une première entrée du module de régulation 23 un signal de consigne de couple S1.

[0017] Le signal représentatif de la valeur $\underline{m}$ de l'effort mesuré par le capteur d'effort 21 est envoyé vers une deuxième entrée du module de régulation 23, ce dernier comprenant un organe de conversion 24 qui délivre à partir de la valeur d'effort mesurée $\underline{m}$, un signal de mesure S0 qui est une image de la valeur réelle du couple d'assistance du moteur appliqué sur le pignon d'assistance 20 et transmis à la crémaillère 8.

[0018] Le module de régulation 23 comprend par ailleurs un comparateur 25 qui reçoit en entrée le signal de mesure de couple 50 et le signal de consigne de couple S1 délivré par le calculateur 22, et qui délivre en sortie un signal d'écart de couple S_Δ transmis à un régulateur PID 26. Ce régulateur 26 applique au signal de couple S_Δ une loi proportionnelle/intégrale/dérivée, afin d'élaborer le signal de commande de couple S qui est ensuite appliqué au moteur électrique 15. Les coefficients de gain proportionnel/intégrateur/dérivé K_p , K_i , K_d , appliqués dans la loi de régulation sont, par exemple pour un véhicule de type berline, respectivement de l'ordre de : 7.5 ; 175 ; 0.02.

[0019] La régulation du couple de sortie Cs du moteur électrique 15 par l'effort d'assistance, telle que décrite précédemment, permet d'obtenir un fonctionnement sensiblement amélioré de l'ensemble de direction assistée dans des phases correspondant à des couples appliqués sur le volant 2 dépassant un certain seuil ; par contre, pour des valeurs de couple appliqué sur le volant 2 qui se situent en-deçà d'une valeur de seuil Co, la boucle de régulation telle que décrite précédemment peut ne pas être utile et même dans certains cas dégrader le fonctionnement du dispositif d'assistance.

[0020] C'est pourquoi il est préférable de neutraliser le module de régulation 23, par exemple, pour certaines valeurs du paramètre de fonctionnement P3 associé au couple appliqué sur le volant 2 ; ces valeurs correspondent aux valeurs de couple inférieures à une valeur de seuil prédéterminée Co comprise entre 1 et 2 N.m, et qui pour un véhicule donné peut être 1,5 N.m. Cette valeur peut être déterminée pour chaque type ou modèle de véhicule en procédant à des essais portant sur un certain nombre de critères d'évaluation, ainsi que cela se pratique dans ce secteur de la technique.

[0021] La direction assistée électrique et le procédé de commande associés tels que définis dans l'invention, procurent un effort d'assistance qui compense aussi bien les effets de l'usure des pièces mécaniques de transmission du dispositif d'assistance, tout au long de la durée de vie du véhicule et sans dérive dans le temps, que les variations des caractéristiques mécaniques d'un véhicule à l'autre, et les variations de ces caractéristiques suivant les conditions d'utilisation du véhicule.

[0022] Par ailleurs, en comparaison des directions assistées électriques connues, l'invention améliore l'agrément de conduite, du fait notamment d'une grande réactivité obtenue par la compensation instantanée des efforts d'inertie générés par les pièces mécaniques de la direction.

[0023] Ces résultats sont par ailleurs obtenus par des moyens simples et fiables et sans augmentation notable du coût.

Revendications

1. Ensemble de direction assistée électrique comprenant un arbre de direction rotatif (4) portant à une extrémité un volant (2) et à son autre extrémité un organe de transmission (7) coopérant avec une crémaillère (8) mobile en translation, reliée à chacune de ses extrémités (11) à un mécanisme (10) d'orientation des roues directrices (9) du véhicule, le dispositif d'assistance (12) comportant un moteur électrique (15) qui entraîne un organe d'assistance (20) coopérant avec la crémaillère (8), et un dispositif de commande (16) fournissant audit moteur électrique (15) un signal de commande (S) adapté pour faire varier le couple de sortie (Cs) du moteur électrique (15), en fonction de paramètres de fonctionnement

de l'arbre de direction et/ou plus généralement du véhicule, **caractérisé en ce que** le dispositif d'assistance (12) comporte des moyens de mesure (21) de l'effort exercé par l'organe d'assistance (20) sur la crémaillère (8), et le dispositif de commande (16) est adapté pour modifier le signal de commande de couple (S) en fonction de la valeur d'effort (m) mesurée par lesdits moyens de mesure (21).

2. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 1, **caractérisée en ce que** le dispositif de commande (16) comporte un calculateur (22) qui élabore, à partir de données préenregistrées et de paramètres de fonctionnement (P1, P2, P3), un signal de consigne de couple (S1), et un module de régulation (23) qui élabore, en fonction du signal de consigne (S1) et de la valeur d'effort mesurée (m), le signal de commande de couple (S).

3. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 2, **caractérisée en ce que** le module de régulation (23) comporte un organe de conversion (24) qui délivre à partir de la valeur d'effort mesurée (m), un signal de mesure (S0) qui est une image de la valeur réelle du couple d'assistance du moteur (15) appliqué sur l'organe d'assistance (20).

4. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 3, **caractérisée en ce que** le module de régulation (23) comporte un organe comparateur (25) qui reçoit en entrée le signal de mesure du couple (S0) et le signal de consigne de couple (S1), et délivre en sortie un signal d'écart de couple (S_{Δ}).

5. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 4, **caractérisée en ce que** le module de régulation (23) comporte un régulateur P. I. D. (26) qui élabore le signal de commande de couple (S) à partir du signal d'écart de couple (S_{Δ}), qui élabore le signal de commande de couple (S) à partir du signal d'écart de couple (S_{Δ}).

6. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 5, **caractérisée en ce que** le gain proportionnel (K_p) du régulateur P. I. D. (26) est préréglé à une valeur comprise entre 6 et 9.

7. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 5, **caractérisée en ce que** le gain intégral (K_i) du régulateur P. I. D. (26) est préréglé à une valeur comprise entre 140 et 210.

8. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 5, **caractérisée en ce que** le gain différentiel (K_d) du régulateur P. I. D. (26) est préréglé à une valeur comprise entre 0,016 et 0,024.

9. Ensemble de direction assistée suivant l'une quel-

conque des revendications 5 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens (14) d'estimation du couple appliqué sur le volant (2), et que le module de régulation (23) est neutralisé pour des valeurs de couple estimé par lesdits moyens d'estimation (14) inférieures à une valeur de couple prédéterminée (Co). 5

10. Ensemble de direction assistée suivant la revendication 9, **caractérisé en ce que** ladite valeur de couple prédéterminée (Co) est comprise entre 1 et 2 N.m. 10

11. Procédé de commande, par un signal de commande de couple, d'un moteur électrique de dispositif d'assistance électrique d'un ensemble de direction pour véhicule automobile, comprenant un arbre de direction rotatif (4) portant à une extrémité un volant (2) et à son autre extrémité un organe de transmission (7) coopérant avec une crémaillère (8) mobile en translation, reliée à chacune de ses extrémités (11) à un mécanisme d'orientation des roues directrices (9) du véhicule, le dispositif d'assistance (12) comportant un moteur électrique (15) qui entraîne un organe d'assistance (20) coopérant avec la crémaillère (8), et un dispositif de commande (16) fournissant audit moteur électrique (15) un signal de commande (S) adapté pour faire varier le couple de sortie (Cs) du moteur électrique (15), en fonction de paramètres de fonctionnement de l'arbre de direction et/ou plus généralement du véhicule, **caractérisé en ce qu'on** élabore le signal de commande de couple (S) de la façon suivante : 15 20 25 30

- on mesure l'effort exercé par l'organe d'assistance (20) sur la crémaillère (8); 35
- on convertit la valeur d'effort (m) ainsi obtenue en valeur de couple réel estimée à partir des caractéristiques du réducteur (19), de l'organe d'assistance (20) et de la crémaillère (8); 40
- on calcule l'écart entre une valeur de couple de consigne, déterminée à partir de données préenregistrées et de paramètres de fonctionnement (P1, P2, P3), et la valeur de couple réel ainsi estimée; 45
- on calcule une valeur de commande de couple au moyen d'une loi de régulation P. I. D. dont les coefficients (K_p , K_i , K_d) sont prédéterminés;
- on élabore le signal de commande de couple (S) qui correspond à ladite valeur de commande. 50

12. Véhicule automobile comportant un ensemble de direction assistée électrique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 10. 55

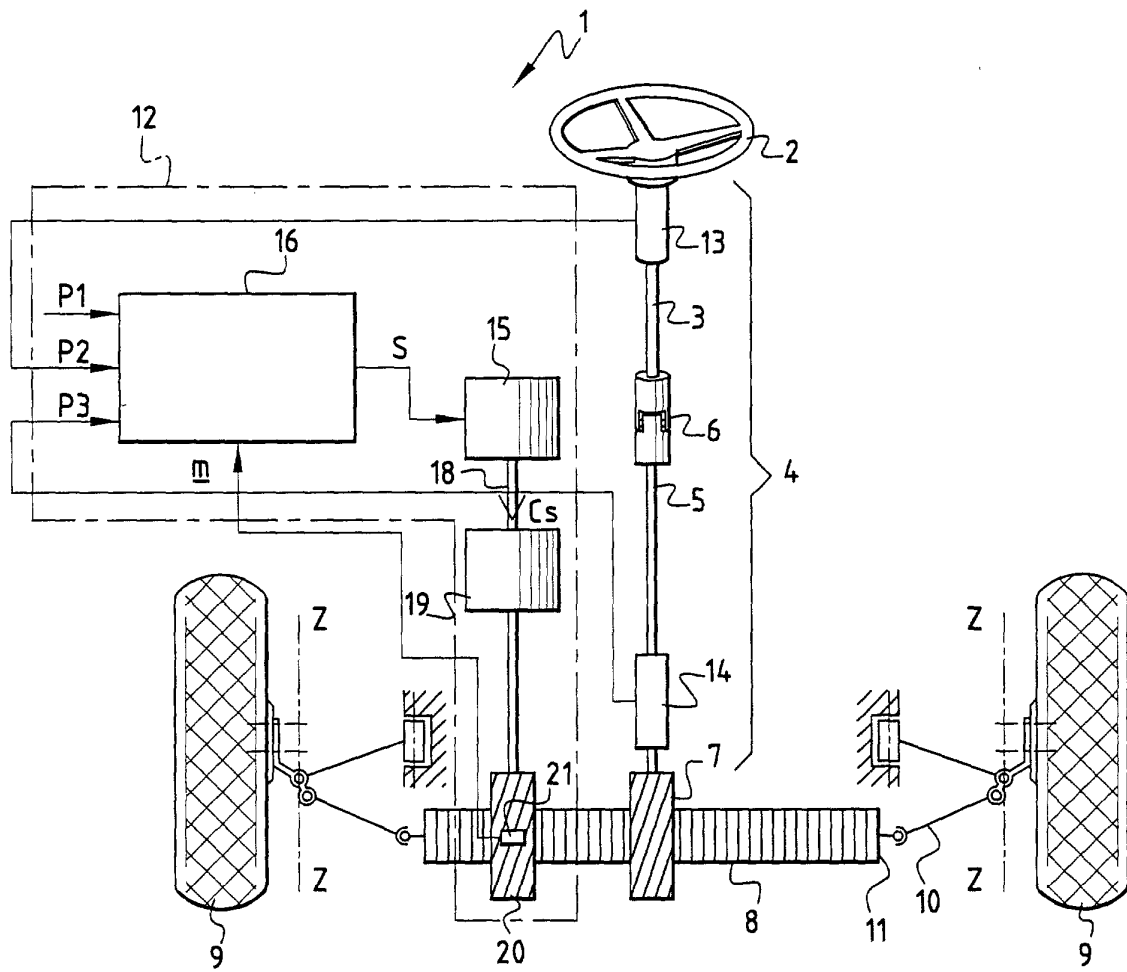


FIG. 1

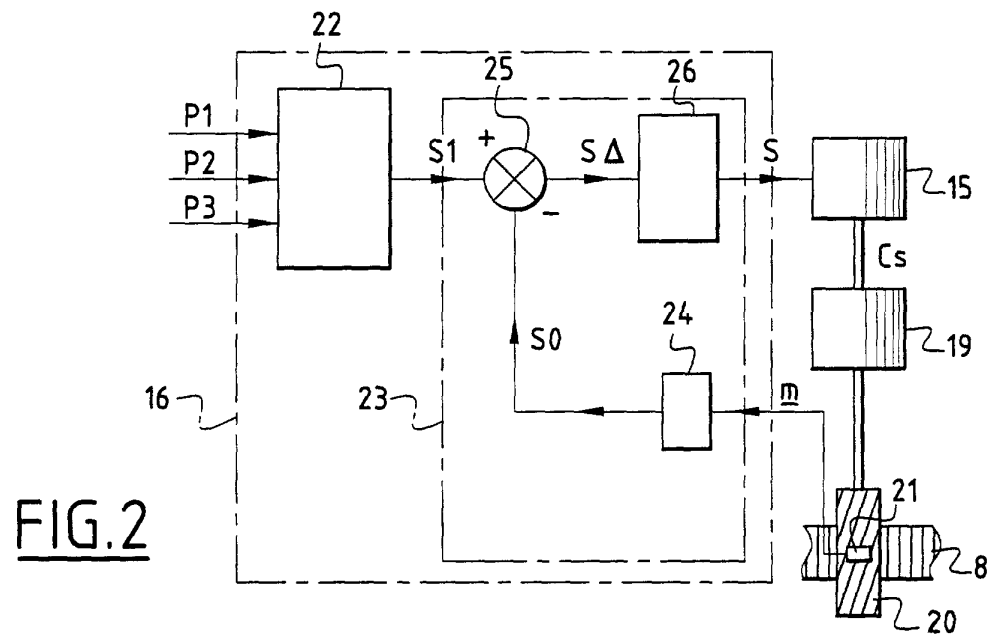


FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 01 40 1710

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31 janvier 1997 (1997-01-31) -& JP 08 244635 A (HONDA MOTOR CO LTD), 24 septembre 1996 (1996-09-24) * abrégé * * figures *	1-4, 11, 12	B62D6/00 //B62D101:00, B62D117:00, B62D119:00, B62D121:00, B62D137:00, B62D153:00
A	---	5-8	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31 juillet 1997 (1997-07-31) -& JP 09 076927 A (KAYABA IND CO LTD), 25 mars 1997 (1997-03-25) * abrégé * * figures *	1-4, 11, 12	
A	US 5 072 804 A (KONIGORSKI ULRICH-EUGEN ET AL) 17 décembre 1991 (1991-12-17) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			B62D
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		10 octobre 2001	Kulozik, E
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03 82 (P44C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 1710

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

10-10-2001

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 08244635	A	24-09-1996	AUCUN		
JP 09076927	A	25-03-1997	AUCUN		
US 5072804	A	17-12-1991	DE	3929176 A1	07-03-1991
			EP	0416266 A1	13-03-1991
			JP	3096477 A	22-04-1991

EPC FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82